

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

34/1285



AQ

35

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 36 39 026 C 2**

⑯ Int. Cl. 5:  
**H 04 N 1/00**  
H 04 N 7/12

⑯ Aktenzeichen: P 36 39 026.7-31  
⑯ Anmeldetag: 14. 11. 86  
⑯ Offenlegungstag: 21. 5. 87  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 5. 1. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

14.11.85 US 797915

⑯ Patentinhaber:

RCA Corp., Princeton, N.J., US

⑯ Vertreter:

von Bezold, D., Dr.rer.nat.; Schütz, P., Dipl.-Ing.;  
Heusler, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 80333 München

⑯ Erfinder:

Bergen, James Russell, Hopewell, N.J., US; Carlson,  
Curtis Raymond, Princeton, N.J., US

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 28 35 434 A1  
H. SAUERBURGER u. L. STENGER: Verarbeitung  
und digitale Codierung von HDTV-Signalen, in:  
Frequenz 37 Bd.11/12, 1983, S.288-299;  
LOHSCHELLER, H.: Video-Einzelbildübertragung  
über Schmalbandkanäle in: NTG Fachbericht »Text  
u. Bildkommunikation«, Bd. 74, VDE-Verlag, 1980,  
S. 335-342;  
BURT, P.J. and ADELSON, E.H.: the Laplacian  
Pyramid as a Compact Image Code in: IEEE  
TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol.  
COM-31, No. 4, April 1983, p. 532-540;

⑯ Hochauflösendes Bildübertragungsverfahren

DE 36 39 026 C 2

BEST AVAILABLE COPY

DE 36 39 026 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übermittlung eines gegebenen Bildes mit verhältnismäßig hoher Auflösung von einem Sender zu einem Empfänger über einen schmalbandigen Kommunikationskanal, wodurch das Bild am Empfänger wiedergegeben wird.

Öblicherweise wird ein Bild mit verhältnismäßig hoher Auflösung (z. B. das Bild eines jeden aufeinanderfolgenden Fernsehleinzelbildes) über einen breitbandigen Kommunikationskanal zur Wiedergabe des Bildes am Empfänger übermittelt. Es gibt jedoch verschiedene Fälle, bei denen die Übertragung eines hochauflösenden Bildes an einen Empfänger auf einen schmalbandigen Kommunikationskanal beschränkt ist. Einer dieser Fälle liegt beim sogenannten "Teletex"-Verfahren vor, bei dem aufeinanderfolgende Pixel (welche normalerweise als digital-codierte Datenwörter vorliegen, jedoch auch analog vorliegen können) eines gegebenen hochauflösenden Bildes nur während eines oder während zweier Hinlauszeilen im vertikal ausgetasteten Bereich eines jeden von mehreren aufeinanderfolgenden Fernsehleinzelbildern übertragen werden. Ein anderer Fall ist das sogenannte "Videotex"-Verfahren, bei dem eben/solche aufeinanderfolgende Pixel (die normalerweise als digital-codierte Datenwörter vorliegen, jedoch auch in analoger Form vorliegen können) eines hochauflösenden Bildes (entweder digital oder analog) über eine Fernsprechleitung übertragen werden. Ein breitbandiger Fernsehkanal überträgt ein vollständiges Videobild mit verhältnismäßig hoher Auflösung, wie es z. B. in jedem NTSC-Fernsehleinzelbild enthalten ist, in nur 33 Millisekunden (ms). Da eine schmalbandige Fernsprechleitung nur über ungefähr 1/2000 der Kapazität eines breitbandigen Fernsehkanals verfügt, benötigt dasselbe Bild, das für die Übertragung über einen Fernsehkanal nur 33 ms benötigt, bei Übertragung über eine Fernsprechleitung mindestens 1 Minute.

Öblicherweise besteht der Zweck der Übertragung eines Bildes von einem Sender zu einem Empfänger darin, das Bild auf dem Schirm einer Kathodenstrahlröhre wiederzugeben, so daß es von einem Zuseher betrachtet und verstanden werden kann. Das Betrachten eines sehr langsam, Zeile für Zeile, auf einem Bildschirm erscheinenden Bildes ist sehr unbefriedigend. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Zuseher versucht, ein bestimmtes Bild aus einer Folge von Bildern auszuwählen. Zum Teil ist dies damit begründet, daß das Bild, wenn es eine rein bildliche Information enthält (was oft der Fall ist), die Übertragung und Wiedergabe von ungefähr dem ersten Drittel des Bildes notwendig ist, bevor der Betrachter in der Lage ist, eine Vorstellung davon zu entwickeln, von welcher Art die im Bild enthaltende Information ist. Für den Fall einer Fernsprechleitung bedeutet das, daß der Betrachter einen vorwiegend schwarzen Schirm für mindestens 20 oder 30 Sekunden betrachten muß, bevor er über eine ausreichend nützliche Information verfügt, um zu entscheiden, ob das in der Wiedergabe begriffene Bild eines von denen ist, an denen er interessiert ist.

Ein Verfahren zur Übertragung von Bildsignalen über einen schmalbandigen Übertragungskanal wie es im Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2 als bekannt vorausgesetzt wird, ist aus der DE-OS 28 35 434 bekannt. Gemäß diesem bekannten Verfahren werden die Bildsignale zur Übertragung über den schmalbandigen Übertragungskanal zunächst einer Transformation, wie z. B. einer Fourier-Transformation unterworfen, die bei der

Transformation in Form von Spektralkoeffizienten entsprechenden einzelnen Komponenten des Bildes seriell über den schmalbandigen Übertragungskanal übertragen und im Empfänger durch eine entsprechende Rücktransformation in das ursprüngliche Bildsignal zurückverwandelt. Dabei werden die übertragenen Spektralkoeffizienten auf der Empfängerseite gespeichert und ständig eine Rücktransformation durchgeführt, während der das rekonstruierte Bild ständig dargestellt wird, indem für das gesamte Bild zunächst der Spektralkoeffizient niedrigster Ordnung, d. h. der Gleichstrommittelwert, dann der Spektralkoeffizient der nächsthöheren Ordnung und sofort übertragen werden, so daß das gesamte Bild zunehmend an Schärfe und Detailreichtum gewinnt. Bis jedoch dem Benutzer eine ausreichende Menge an visueller Information zur Verfügung steht, um zu entscheiden, ob das in der Wiedergabe begriffene Bild für ihn interessant ist, vergeht jedoch auch hier eine noch zu lange Zeit.

Weiterhin ist es aus der Literaturstelle: Lohscheller, H.: Videoeinzelbildübertragung über Schmalbandkanäle mit zeitlich zunehmender Auflösung, NTG-Fachberichte "Text und Bildkommunikation", Band 74, VDE-Verlag GmbH, 1980, Seiten 335 bis 342 an sich bekannt, daß die Übertragung nur weniger Spektralkoeffizienten genügt, um zunächst ein niedrig auflösendes Bild zu erhalten, aus dem jedoch eine zur Beurteilung des Bildes ausreichende Menge an Information entnehmbar ist.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, bei dem in möglichst kurzer Zeit eine zur Beurteilung des übertragenen Bildes durch den Betrachter ausreichende Menge an Bildinformation übertragen wird, wobei die Information des Bildes mit verhältnismäßig hoher Auflösung währenddessen noch vom Sender über den schmalbandigen Kommunikationskanal zum Empfänger übertragen wird.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung dadurch gelöst, daß jene Bildelemente, die eine der Mitte des Bildes räumlich näherte Bildinformation definieren, vor den Bildelementen übertragen werden, die eine der Mitte des Bildes räumlich entferntere Bildinformation definieren.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe dadurch gelöst,

- a) daß das Ortsfrequenzspektrum des gegebenen Bildes in Ortsfrequenzbänder mit mindestens einem ersten Band und einem zweiten Band zerlegt wird, wobei das erste Band eine niedrige obere Abschneidfrequenz aufweist als jedes andere der Bänder, wobei mit dem ersten Band eine Anzahl von Bildelementen übertragen wird, die kleiner ist als die Anzahl der mit dem zweiten Band übertragenen Bildelemente;
- b) daß zunächst nur das erste Band während eines ersten Zeitintervalls, dessen Länge kurz ist verglichen mit der minimalen Länge eines zum Übertragen des gesamten Bildes notwendigen Zeitintervalls, übertragen wird;
- c) daß im Empfänger von dem übertragenen ersten Band eine Wiedergabe des gegebenen Bildes relativ niedriger Auflösung abgeleitet wird;
- d) daß auf das Ende des ersten Zeitintervalls folgend das zweite Band während eines zweiten Zeitintervalls übertragen wird; und
- e) daß am Empfänger eine Wiedergabe des gegebenen Bildes mit höherer Auflösung unter Verwendung des zweiten Bandes abgeleitet wird.

- f) daß jene Pixel, die eine der Mitte des Bildes räumlich nähere Bildinformation definieren, vor den Pixeln, die eine der Mitte des Bildes räumlich entferntere Bildinformation definieren, übertragen werden; und
- g) daß der Bildaufbau am Empfänger in der Reihenfolge der Übertragung der Pixel erfolgt.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß durch den Aufbau des Bildes von der Mitte des Bildes her das gewünschte Bild sehr viel schneller erkannt werden kann, da normalerweise die wichtigste Information in der Nähe des Bildes vorhanden ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine verallgemeinerte Darstellung eines hochauflösenden Bildsenders, der mit einem hochauflösenden Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung über einen schmalbandigen Kommunikationskanal verbunden ist;

Fig. 2 schematisch die Art, in der nach dem Stand der Technik aufeinanderfolgende Bereiche eines hochauflösenden Bildes, das sequentiell über den schmalbandigen Kommunikationskanal zur Wiedergabeeinrichtung übertragen wird, wiedergegeben wird;

Fig. 3 ein Flußdiagramm, das die aufeinanderfolgenden Verfahrensschritte eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung darstellt;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Art, in der erfindungsgemäß aufeinanderfolgende Bereiche eines hochauflösenden Bildes, das sequentiell über einen schmalbandigen Kommunikationskanal zur Wiedergabeeinrichtung übertragen wird, wiedergegeben wird;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Bildschirmposition-Zeit-Formates für die Wiedergabe einer bildlichen Information gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 ein Flußdiagramm, das die aufeinanderfolgenden Verfahrensschritte einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Fig. 1 zeigt in verallgemeinerter Form einen hochauflösenden Bildsender (100), der mit einem hochauflösenden Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) über einen schmalbandigen Kommunikationskanal (104) verbunden ist. Das hochauflösende, vom Sender (100) gesendete Bild kann, z. B. ein Teletex-Bild, ein drahtübertragenes Nachrichtenphoto oder ein in einer Datenbank digital gespeichertes Bild sein. Das hochauflösende Bild kann vom Transmitter (100) über den schmalbandigen Kommunikationskanal entweder in digitaler oder in analoger Form übertragen werden. Der schmalbandige Kommunikationskanal (104) kann, z. B. ein Teletex-Kanal oder eine Fernsprech-Telephonleitung sein. Der hochauflösende Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) kann dialogfähig sein mit dem Sender (100) oder auch nicht.

Im Stande der Technik bekannt ist ein Netz von voneinander entfernten, dialogfähigen Datenendstationen, von denen jede einen hochauflösenden Bildempfänger und eine Wiedergabeeinrichtung enthält, der über eine schmalbandige Telephonleitung Zugang hat zu einem zentralen hochauflösenden Bildsender, der eine Datenbank enthält, in der eine große Anzahl von verschiedenen Bildern mit Bild- und/oder alphanumerischer Information gespeichert sind. In diesem Fall enthält jeder hochauflösende Bildempfänger mit Wiedergabeeinrich-

tung einen Computer (oder zumindest ein Telephon-Tastensfeld), so daß jeder abfragende hochauflösende Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung eine geeignete digitale Adressinformation über eine schmalbandige Telephonleitung zurück zum zentralen hochauflösenden Bildsender übertragen kann, um zu bewirken, daß ein ausgewähltes, in der Datenbank des hochauflösenden Bildsenders abgespeichertes Bild über die schmalbandige Telephonleitung zum abfragenden hochauflösenden Bildempfänger zur dortigen Wiedergabe übertragen wird. Jeder hochauflösende Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung enthält weiter einen Speicher zum Abspeichern des empfangenen, ausgewählten Bildes und eine Einrichtung, mit der davon eine Wiedergabe des abgespeicherten, ausgewählten Bildes abgeleitet werden kann.

Als illustrierendes Beispiel zur Beschreibung der Erfindung sei angenommen, daß der Sender (100) ein hochauflösender Bildsender mit einer Datenbank zur Abspeicherung einer großen Anzahl von Bildern ist, wie oben beschrieben; daß der hochauflösende Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) eines von mehreren dialogfähigen entfernten Datenendgeräten ist, wie oben beschrieben, das Zugang zum Sender (100) hat, über einen schmalbandigen Kommunikationskanal (104), der in einer Fernsprech-Telephonleitung besteht. Selbstverständlich ist jedoch die Erfindung nicht auf den angenommenen Fall beschränkt.

Wie es nach dem Stande der Technik bekannt ist, enthalten die in zentralen Datenbanken gespeicherten Bilder nach ihrer Art Kataloge, bei denen jede Seite des Katalogs aus einem separat adressierbaren Bild besteht. Der Betrachter eines dialogfähigen, entfernten Datenendgerätes, das im hochauflösenden Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) besteht, kann den Wunsch haben, einen derartigen Katalog "durchzublättern", um nach ihm interessierenden Angelegenheiten zu suchen. Angenommen, daß der Betrachter zunächst verlangt, daß die erste Seite des Katalogs zu seinem Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) übertragen wird. Nach dem Stand der Technik, werden aufeinanderfolgende Pixel des hochauflösenden Bildes der ausgewählten Seite nacheinander über einen schmalbandigen Telephon-Kommunikationskanal (104) übertragen und dann abgespeichert und wiedergegeben, wenn sie im Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) des Betrachters empfangen worden sind. Wie oben erläutert, ist mindestens 1 Minute notwendig, um ein ganzes hochauflösendes Bild über einen schmalbandigen Telephon-Kommunikationskanal zu übertragen. Daher wird, wie schematisch in Fig. 2 dargestellt, nach einer kurzen Zeitspanne  $T_1$  (5 oder 10 Sekunden) nur ein kleiner Teil des hochauflösenden Bildes der verlangten ersten Katalogseite auf einem Kathodenstrahlbildschirm (200) der Wiedergabeeinrichtung des Betrachters wiedergegeben (der größte Teil des Bildschirms (200) bleibt leer). Daher hat nach einer Zeit  $T_1$  der Betrachter nur eine sehr geringe Vorstellung von der in der verlangten ersten Seite des Katalogs enthaltenen Information. Wie in Fig. 2 weiter dargestellt, ist zu einer späteren Zeit  $T_2$  (nach ungefähr 30 Sekunden im angenommenen Beispiel) ungefähr 1/2 Teil des hochauflösenden Bildes auf dem Bildschirm (200) wiedergegeben und die andere Hälfte des Bildschirms (200) bleibt immer noch leer. Schließlich füllt zu einem noch späteren Zeitpunkt  $T_3$  (1 Minute im angenommenen Beispiel) das gesamte hochauflösende Bild in der Wiedergabe endlich den Bildschirm (200). Je nach dem Inhalt des jeweiligen durch die

erste Seite des Katalogs gegebenen Bildes muß der Betrachter vielleicht 20 oder 30 Sekunden oder länger warten, bis genügend des hochauflösenden Bildes auf dem Bildschirm (200) wiedergegeben ist, damit der Betrachter in der Lage ist, zu entscheiden, ob er am Inhalt der Seite 1 des Katalogs interessiert ist (in diesem Fall wartet er bis zum Zeitpunkt  $T_3$ ) oder ob er es wünscht, zur Wiedergabe eine andere Seite des Katalogs aufzurufen.

Dieses bekannte Verfahren ist zeitvergeudend (was zu einer Erhöhung der Kosten für den Betrachter für die Benutzung der Datenbank führen kann) und wird den meisten Betrachtern bzw. Benutzern ermüdend erscheinen. Die Erfindung ist auf ein Verfahren ausgerichtet, durch das dieses Problem überwunden wird, indem es für den Betrachter ermöglicht wird, sehr viel schneller eine genügende Information über den Inhalt des wieder gegebenen Bildes zu erlangen, um zu entscheiden, ob er es betrachten und "vollständig" wiedergeben möchte oder ob er es alternativ durch die Wiedergabe eines anderen in der Datenbank des Senders (100) gespeicherten Bildes ersetzen möchte.

Wie bekannt, ist die in einem gegebenen Bild enthaltene Information durch das Ortsfrequenzspektrum des gegebenen Bildes definiert, wobei das Ortsfrequenzspektrum im Falle einer zweidimensionalen Bilder ebenfalls zweidimensional ist. Ein hochauflösendes Bild ist gegeben durch ein Ortsfrequenzspektrum, das sowohl verhältnismäßig niedrige Ortsfrequenzen als auch verhältnismäßig hohe Ortsfrequenzen enthält. Die verhältnismäßig niedrigen Ortsfrequenzen definieren die groben Merkmale des hochauflösenden Bildes, während die hohen Ortsfrequenzen die feine Detaillierung des hochauflösenden Bildes definieren. Es sind wesentlich weniger Bildflächenelemente bzw. Pixel notwendig, um nur die groben Merkmale des hochauflösenden Bildes zu definieren als um nur die fein strukturierten Merkmale oder sowohl die groben und die fein strukturierten Merkmale des hochauflösenden Bildes wiederzugeben.

Die Erfindung nutzt die genannten Tatsachen, um erst ein niedrigauflösendes Bild von nur den groben, durch die niedrigen Ortsfrequenzen des Spektrums des hochauflösenden Bildes definierten Merkmale zu senden und wiederzugeben. Da die Anzahl der Pixel zum Aufbau des gesamten niedrigauflösenden Bildes verhältnismäßig klein ist im Vergleich zur Anzahl der Pixel zum Aufbau des gesamten hochauflösenden Bildes, kann das niedrig auflösende Bild über den schmalbandigen Telefonkommunikationskanal während einer Zeit übertragen werden, die kurz ist im Vergleich zur minimalen Länge eines Zeitintervalls, das genügt, um das gesamte hochauflösende Bild zu übertragen und wiederzugeben. Danach können die höheren Ortsfrequenzen (entweder mit oder ohne den niedrigeren Ortsfrequenzen) des hochauflösenden Bildes über den schmalbandigen Telefonkommunikationskanal übertragen werden, um verhältnismäßig langsam den Grad der Auflösung des wieder gegebenen Bildes zu erhöhen, bis das gesamte hochauflösende Bild wiedergegeben wird.

Die gesamte Menge der Information, die über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen werden muß, ist bei der Erfindung größer als nach dem Stand der Technik. Daher dauert es länger (mehr als 1 Minute), um ein gesamtes hochauflösendes Bild bei der Erfindung wiederzugeben, als beim Stand der Technik. Jedoch die Tatsache, daß eine niedrigauflösende Wiedergabe des gesamten Bildes dem Betrachter nach 15 Sekunden oder weniger zur Verfügung steht, macht es dem Betrachter möglich, innerhalb von 15 Sekunden

oder weniger zu entscheiden, ob er daran interessiert ist, daß die Information des Bildes wiedergegeben wird oder nicht. Beim angenommenen Beispiel der Katalogseiten ist der Betrachter also sehr viel schneller in der Lage, eine andere Katalogseite aufzurufen, wenn er aufgrund des niedrigauflösenden Bildes der gerade wiedergegebenen Katalogseite entscheidet, daß er an deren Inhalt nicht interessiert ist.

Wie in Fig. 3 dargestellt, besteht der erste Schritt 10 eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßigen Verfahrens darin, das Ortsfrequenzspektrum des hochauflösenden Bildes zu analysieren. Diese Analyse kann im Sender (100) oder an einem anderen Ort stattfinden. Vorzugsweise wird das Spektrum des Bildes 15 nach dem sogenannten "Burt-Pyramiden-Algorithmus" analysiert, obwohl auf andere Arten von im Stande der Technik bekannten Bildspektrumanalysatoren verwendet werden können. Als Qellenangabe sei hier z. B. die Patentanmeldung "Hierarchische Echtzeit-Pyramiden-20 Signalverarbeitung", RCA 79 870/79 581, verwiesen, in der eine Liste von Aufsätzen angegeben ist, in denen verschiedene Aspekte des Burt-Pyramiden-Algorithmus beschrieben werden. Einer dieser Aufsätze, der im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung von besonderem Interesse ist, ist der Aufsatz "The Laplacian Pyramids as a Compact Image Code", Peter J. Burt et al., IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-31, No. 4, 532-540 ff, April 1983. Der Burt-Pyramiden-Algorithmus kann mit Hilfe eines Computers in Nicht-25 Echtzeit entsprechend der Lehre dieses Aufsatzes oder der anderen Aufsätze in der o. g. Liste durchgeführt werden. Andererseits kann der Burt-Pyramiden-Algorithmus auch in Echtzeit gemäß der Lehre der o. g. Patentanmeldung durchgeführt werden.

Kurz gesagt kann ein Burt-Pyramiden-Analysator verwendet werden, um das Ortsfrequenzspektrum eines gegebenen Bildes in eine Mehrzahl von aneinander angrenzenden Ortsfrequenzbändern zu analysieren, die einen Satz von  $N$  (Laplace'sche) Ortsfrequenz-Bandfilter-40 Unterspektren enthalten (wobei  $N$  eine ganze Zahl mit einem Wert von mindestens 1, gewöhnlich jedoch größer als 1 ist) sowie ein (Gauss'sches) Tiefpaß-Resunterspektrum, das die Ortsfrequenzen unterhalb denjenigen eines jeden Bandfilter-Unterspektrum enthält. Vorzugsweise erstreckt sich jedes der Bandfilter-Unterspektren über eine Bandbreite von ungefähr 1 Octave, d. h. das höchste Ortsfrequenzbandfilter-Unterspektrum überdeckt ungefähr die obere Hälfte des Ortsfrequenzspektrums des analysierten gegebenen Bildes in jeder seiner 45 zwei Dimensionen, das nächsthöchste Ortsfrequenz-Bandfilter-Unterspektrum überdeckt ungefähr 1/4 des Ortsfrequenzspektrums des gegebenen Bildes in jeder seiner zwei Dimensionen und ist benachbart und liegt unterhalb des höchsten Ortsfrequenz-Bandfilter-Unterspektrums usw. Beim Burt-Pyramiden-Algorithmus wird eine graduelle Filtercharakteristik verwendet, gegenüber einer "Kasten"-Filtercharakteristik, um die jeweiligen Ortsfrequenz-Unterspektren abzuleiten. Ein Kasten-Filter hat in seiner Charakteristik wohldefinierte Abschneidefrequenzen. Ein Filter mit gradueller Dämpfungscharakteristik hat jedoch nur nominelle Abschneidefrequenzen - wobei eine nominelle Abschneidefrequenz als jene Frequenz definiert ist, bei der die relative Filterdurchlässigkeit um einen bestimmten, willkürlich gewählten Betrag unterhalb seiner maximalen Durchlässigkeit ist (z. B. 3 dB, 10 dB, 20 dB usw.). Die wohldefinierten Abschneidefrequenzen eines Kasten-Filters und seine nominellen Abschneidefrequenzen 50 55 60 65

sind selbstverständlich identisch.

Beim Burt-Pyramiden-Algorithmus wird das analysierte Bild vorzugsweise mit einer solchen Abtastdichte abgetastet, die ausreichend hoch ist, und das Nyquist-Kriterium für alle Ortsfrequenzen innerhalb des Ortsfrequenzspektrums des zu analysierenden Bildes erfüllt. Jedes Unterspektrum des analysierten Bildes unterhalb des höchsten Bandfilter-Unterspektrums wird jedoch mit einer Abtastdichte abgetastet, die vorzugsweise die Hälfte der Abtastdichte des unmittelbar benachbarten, höher liegenden Unterspektrums in jeder der beiden Dimensionen des analysierten Bildes beträgt. Das Resultat ist, daß die Abtastdichte eines jeden Unterspektrums unterhalb des höchsten Ortsfrequenz-Unterspektrums nur  $1/4$  der Abtastdichte des nächsthöheren benachbarten Unterspektrums beträgt. Daher erlaubt selbst eine verhältnismäßig kleine Anzahl von  $N$  Ortsfrequenz-Bandfilter-Unterspektrien das gesamte Gebiet des analysierten Bildes bei niedriger Auflösung durch eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Restunderspektrum-Abtastungen zu definieren, z. B. für einen Wert  $N = 2$  reduziert sich die Anzahl der Abtastungen beim Restunderspektrum um einen Faktor 16 ( $4^2$ ), bei einem Wert von  $N = 3$  reduziert sich die Anzahl der Abtastungen in einem Restunderspektrum um einen Faktor 64 und dementsprechend reduziert sich die Anzahl der Abtastungen im Restunderspektrum bei einem Wert von  $N = 4$  um den Faktor 256.

Alle Bilder können unabhängig von ihrem spezifischen Informationsinhalt in eine Mehrzahl von benachbarten Ortsfrequenzbändern in einer verallgemeinerten Weise unter Verwendung eines einzigen Satzes von vorgegebenen Filterkerngewichtsfunktionen analysiert werden. Jedoch ist es in Hinsicht auf die vorliegende Erfahrung wünschenswert, daß jedes Bild, oder zumindest jede Art von Bild, in Übereinstimmung mit dessen spezifischem Informationsinhalt analysiert wird, so daß jene Teile, die für den Endbetrachter von Bedeutung sind, erhalten bleiben, während unnötige und unerwünschte Teile eliminiert werden. Auf alle Fälle werden, nachdem die Analyse des Ortsfrequenzspektrums des gegebenen Bildes beendet ist, die Abtastungen, die alle (oder möglicherweise nur das Restunderspektrum und einige, jedoch nicht alle der Bandfilter-Unterspektrien) definierenden Abtastungen in einem im Sender (100) enthaltenen Speicher abgespeichert, wie durch Schritt b (in Fig. 3) dargestellt.

Wie weiter in Fig. 3 dargestellt, besteht der nächste Schritt c darin, das gesamte niedrigste (Rest-)Unterspektrum, das im Sender (100) abgespeichert ist, über einen schmalbandigen Telephonkommunikationskanal (104) zum Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) zu übertragen. Da die Anzahl der abgespeicherten Pixel für den Aufbau des gesamten Restunderspektrums sehr klein ist (aus den oben genau diskutierten Gründen), ist die Länge des Zeitintervalls, das benötigt ist, um nur das gesamte Restunderspektrum vom Sender über den schmalbandigen Kommunikationskanal zum Empfänger zu übertragen, kurz verglichen mit der minimalen Länge eines Zeitintervalls, das ausreicht, um das gesamte originale hochauflösende Bild vom Sender über den schmalbandigen Kommunikationskanal zum Empfänger zu übertragen.

In der Praxis sind üblicherweise nur einige wenige Sekunden (nicht mehr als 15) notwendig, um das gesamte gesendete Restunderspektrum zu empfangen und wiederzugeben. Im einzelnen wird wie als Schritt d in Fig. 3 dargestellt, beim Empfänger mit Wiedergabeein-

richtung (102) das Restunderspektrum abgespeichert und dann eine Wiedergabe des analysierten Bildes mit verhältnismäßig geringer Auflösung davon abgeleitet. Diese niedrigauflösende Wiedergabe ist für einen Betrachter gewöhnlich ausreichend, um zu entscheiden, ob er an der wiedergegebenen Information interessiert ist oder nicht. Wenn er interessiert ist, wird die Fortführung des Vorgangs erlaubt. Wenn nicht, kann der Betrachter sofort ein anderes analysiertes im Sender (100) gespeichertes Bild zur Wiedergabe aufrufen.

Angenommen, daß der Betrachter die Fortführung des Vorgangs erlaubt, dann wird anschließend auf das Ende des Zeitintervalls, währenddessen ein Restunderspektrum des im Sender (100) gespeicherten analysierten Bildes über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) zum Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) übertragen, wie in Fig. 3 als Schritt e angegeben. Bekanntlich ist es möglich, zwei Unterspektrien (z. B. ein Restunderspektrum mit einem Bandfilter-Unterspektrum) zu kombinieren, um eine zusammengesetztes Spektrum zu erhalten. Im Falle des Burt-Pyramiden-Algorithmus wird dies dadurch erreicht, daß zunächst die Abtastdichte des Unterspektrums mit der niedrigsten Abtastdichte (z. B. des Restunderspektrums) auf die Abtastdichte des höheren Unterspektrums (des Bandfilter-Unterspektrums) erhöht wird und dann die orts korrespondierenden Abtastungen der beiden Spektren summiert werden. Wie als Schritt f in Fig. 3 angegeben, empfängt der Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) das nächstniedrige Unterspektrum, welches gesendet worden ist, und kombiniert es mit einem vorhergehenden gespeicherten Unterspektrum, z. B. dem Restunderspektrum, um auf diese Weise ein zusammengesetztes Spektrum zu erhalten, und, wie als Schritt g in Fig. 3 angegeben, wird ein zusammengesetztes Spektrum gespeichert und davon eine Wiedergabe eines höherauflösenden gesamten Bildes abgeleitet.

Wenn das analysierte hochauflösende Bild nur aus einem Restunderspektrum und aus einem einzigen Bandfilter-Unterspektrum besteht, dann entspricht das "höherauflösende" in Schritt g wiedergegebene Bild dem vollständigen analysierten hochauflösenden Bild. Daher sind keine weiteren Verfahrensschritte notwendig. Gewöhnlich ist das "nächstniedrige" Unterspektrum, welches in Schritt b der Fig. 3 übertragen wird, dem Restunderspektrum benachbart. Dies braucht jedoch nicht unbedingt der Fall zu sein. Es ist möglich, ein hochauflösendes Bild in ein Restunderspektrum und in eine Mehrzahl von Bandfilter-Unterspektrien zu analysieren, jedoch zum Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) nur das Restunderspektrum und ein einzelnes Bandfilter-Unterspektrum, welches dem Restunderspektrum nicht benachbart ist, über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) zu übertragen. Daher ist der Schritt g in Fig. 3 auch in diesem Falle der letzte Schritt.

Im gebräuchlichsten Fall wird das Spektrum eines hochauflösenden Bildes in einen der Reihe nach angeordneten Satz von  $N$  benachbarten Bandfilter-Unterspektrien analysiert werden (wobei  $N$  eine ganze Zahl größer als 1 ist), wobei der der Reihe nach angeordnete Satz bei dem Bandfilter-Unterspektrum des Satzes beginnt, das dem Restunderspektrum benachbart ist. Weiter ist es üblich, in dieser Reihenfolge, alle der Reihe nach angeordneten Bandfilter-Unterspektrien des Satzes nach der Übertragung und Wiedergabe des Restunderspektrums zu übertragen. Daher wird, wie als Schritt h in Fig. 3 angegeben, jeder der Schritte e, f und g in

dieser Reihenfolge für jedes unmittelbar folgende Unterspektrum des der Reihe nach angeordneten Satzes, das dem ersten Unterspektrum dieses angeordneten Satzes folgt, übertragen. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis das gesamte analysierte Spektrum des hochauflösenden Bildes wiedergegeben ist. In diesem Fall wird jedesmal der Schritt f wiederholt, das empfangene nächstniedrige Unterspektrum mit einem vorhergehenden gespeicherten zusammengesetzten Spektrum kombiniert — d. h. dem zusammengesetzten Spektrum das im vorhergehenden Schritt g gespeichert ist. Darin besteht ein Unterschied zur ursprünglichen Durchführung des Schrittes f, bei dem das erste Unterspektrum des der Reihe nach angeordneten Satzes mit dem gespeicherten Restunterspektrum kombiniert wird.

In Fig. 4 ist schematisch die Anzeige bzw. Wiedergabe auf einem Kathodenstrahlröhren-Bildschirm (400) des Empfängers mit Wiedergabeeinrichtung (102) zu jedem von aufeinanderfolgenden Zeitpunkten  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_4$  ( $T_4$  ist länger als  $T_3$ ) dargestellt. Zum Zwecke der Veranschaulichung sei angenommen, daß das analysierte Bild des Ortsfrequenzspektrums des hochauflösenden Originalbildes in drei benachbarte, aus einem Restunterspektrum und einem ersten und einem zweiten Bandfilter-Unterspektrum bestehende Unterspektren analysiert ist. Zum Zeitpunkt  $T_1$  erzeugt das Restunterspektrum eine Wiedergabe des gesamten Gebietes des Bildes auf dem Bildschirm (400) mit einer niedrigen Auflösung. Darin besteht ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Stand der Technik nach Fig. 1, wo zum Zeitpunkt  $T_1$  nur ein kleiner Bereich des gesamten Gebietes des Bildes mit hoher Auflösung auf dem Bildschirm (200) wiedergegeben wird. Zu einem späteren Zeitpunkt  $T_2$  erzeugt das kombinierte Rest- und das erste Bandfilter-Unterspektrum eine Wiedergabe des gesamten Bildgebietes auf dem Bildschirm (400) bei einer mittleren Auflösung. Nachdem in Fig. 2 gezeigten Stand der Technik umfaßt die hochauflösende Wiedergabe des Bildes auf dem Bildschirm (200) zum Zeitpunkt  $T_2$  immer noch nicht das gesamte Gebiet des Bildes. Es wird eine noch längere Zeit  $T_3$  benötigt, bis das gesamte Bildgebiet auf dem Bildschirm (200) bei hoher Auflösung wiedergegeben ist. In der Fig. 4 wird sogar eine noch längere Zeit  $T_4$  als  $T_3$  benötigt, bis das kombinierte Rest- und das erste und das zweite Bandfilter-Unterspektrum eine hochauflösende Wiedergabe des gesamten Bildes auf dem Bildschirm (400) erzeugt. Dies ist dadurch begründet, daß die Gesamtanzahl der Bildelemente bzw. Pixel von allen Unterspektren eines analysierten hochauflösenden Bildes (welche alle über den schmalbandigen Kommunikationskanal übermittelt werden müssen), um ungefähr 30% größer ist als die Pixel des nichtanalysierten hochauflösenden Bildes selbst. Zu den Zeitpunkten  $T_1$  und  $T_2$  steht dem Betrachter auf dem Bildschirm (400) jedoch eine wesentlich nützlichere Information zur Verfügung als einem Betrachter des Bildschirmes (200).

Es ist üblich, Bildinformationen von unten nach oben (wie in Fig. 2 gezeigt) oder alternativ von oben unten zu übertragen. Dies ist vorteilhaft, wenn die Bildinformation aus Text besteht. Wenn es sich dabei jedoch um eine bildliche Information handelt, befindet sich die für einen Betrachter nützlichste Information eines wiedergegebenen Bildes üblicherweise in der oder in der Nähe der Mitte des wiedergegebenen Bildes. In diesem Fall ist das räumlich zeitliche Format für die Bildwiedergabe von bildlicher Information wie in Fig. 5 dargestellt; vorz. einen. In Fig. 5 wird die im Sender (100) gespeicherte

bildliche Information (bei der es sich entweder um ein vollständig nichtanalysiertes Bild oder um irgendeines der analysierten Bildunterspektren handeln kann) in einer Reihenfolge aus dem Speicher ausgelesen und zum 5 Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen, bei der mit der am nächsten zur Mitte des Bildes liegenden bildlichen Information begonnen wird, und dann nacheinander die weiter und weiter von der Mitte 10 des Bildes entfernte bildliche Information übertragen wird. Im Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) wird die Information gespeichert und in der gleichen Reihenfolge für die Wiedergabe ausgelesen. Wie Fig. 5 zeigt, besteht das Resultat darin, daß zu einem Zeitpunkt  $t_1$  nur ein kleiner Bereich des Bildes um die Mitte 15 des Bildschirms (500) wiedergegeben wird. Zu einem späteren Zeitpunkt  $t_2$  wird ein größerer Bereich des Bildes um die Mitte des Bildschirms (500) wiedergegeben. Zu einem noch späteren Zeitpunkt  $t_3$  wird ein vollständiges Bild auf dem Bildschirm (500) wiedergegeben.

Es ist ersichtlich, daß das in Fig. 5 gezeigte räumlich/zeitliche Format der Wiedergabe bildlicher Information mit der niedrigauflösenden Bildwiedergabe, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist, zusammenwirkt, um einem Betrachter der Wiedergabe die nützlichste Information in der kürzesten Zeit zu bieten. Auf diese Weise kann der Betrachter einer Wiedergabe, bei der hochauflösende bildliche Information bei geringer Übertragungsrate über einen schmalbandigen Kommunikationskanal 25 empfangen wird, schneller bestimmen, ob er am Inhalt des empfangenen Bildes interessiert ist oder nicht.

In Fig. 6 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches als Alternative zum oben beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel gemäß der 30 Fig. 3 durchgeführt werden kann. Dieses alternative zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel dadurch, daß jedes zusammengesetzte Spektrum (welches durch die Kombination des Restunterspektrums mit einem oder mehreren Bandfilter-Unterspektren gebildet wird) im Sender und nicht im Empfänger zusammengesetzt wird.

Wie Fig. 6 zeigt, sind die Schritte a, b, c und d des zweiten Ausführungsbeispiels jeweils identisch zu den Schritten a, b, c und d des ersten Ausführungsbeispiels in der Fig. 3. Jedoch ist jeder Schritt e, f und g des in Fig. 6 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiels jeweils von den Schritten e, f und g des ersten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 verschieden. D. h. im einzelnen besteht der Schritt e der Fig. 6 darin, im Sender das nächstniedrige 45 Unterspektrum entweder mit dem niedrigsten Unterspektrum (oder mit dem vorhergehenden zusammengesetzten Spektrum) zu kombinieren, um eine laufende zusammengesetzte Spektrum zu erhalten. Der Schritt f besteht darin, das gesamte laufende zusammengesetzte Spektrum vom Sender (100) über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) zum hochauflösenden Bildempfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) zu übertragen. Schritt g besteht darin, im Empfänger das gespeicherte niedrigste Unterspektrum (oder das vorhergehende gespeicherte zusammengesetzte Spektrum) durch das laufende zusammengesetzte Spektrum zuersetzen, sobald es empfangen ist und dann davon eine Wiedergabe eines höher auflösenden Gesamtbildes abzuleiten.

In dem Fall, in dem das hochauflösende Bildspektrum in ein Restunterspektrum und in ein einziges Bandfilter-Unterspektrum analysiert wird, wird das einzige Bandfilter-Unterspektrum mit dem niedrigsten Unterspek-

trum kombiniert, um ein laufendes zusammengesetztes Spektrum im Schritt e zu erhalten, und das höherauflösende Gesamtbild, welches im Schritt g wiedergegeben wird, enthält das gesamte hochauflösende Bild. Daher wird in diesem Fall Schritt g der letzte Verfahrensschritt des zweiten Ausführungsbeispiel für die Erfindung gemäß Fig. 6 sein. Jedoch in jenen Fällen, bei denen das hochauflösende Bildspektrum in ein Restunderspektrum und in mehrere als ein Bandfilter-Spektrum analysiert wird, ist es notwendig, die Schritte e, f und g in dieser Reihenfolge für jedes unmittelbar folgende analysierte Bandfilter-Underspektrum, welches in der Datenbank des Senders (100) gespeichert ist, zu wiederholen, bis das gesamte hochauflösende Bild vom Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) wiedergegeben wird, wie durch Schritt h in Fig. 6 angegeben. In diesen letztge-nannten Fällen ist jedes folgende niedrige Bandfilter-Underspektrum (nach dem dem niedrigsten Underspektrum nächsten) gemäß Schritt e mit dem vorhergehenden zusammengesetzten Spektrum (nicht dem niedrigsten Underspektrum) zusammengesetzt, um das laufende zusammengesetzte Spektrum zu erhalten.

Es ist offensichtlich, daß bei dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäß Fig. 6 wesentlich mehr Bildinformation über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen werden muß als es beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäß Fig. 3 notwendig ist. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird jedes Underspektrum des analysierten hochauflösenden Bildspektrums genau einmal über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen. Daher besteht beim ersten Ausführungsbeispiel keine Redundanz der Bildinformationübertragung. Beim zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 6 wird dagegen jedes Underspektrum mit der Ausnahme des Underspektrums mit der höchsten Ortsfrequenz in Redundanz über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen, wobei das niedrigste Underspektrum mit der größten Redundanz übertragen wird. Die Folge ist, daß die gesamte Zeit, die notwendig ist, um das gesamte hochauflösende Bild über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) zu übertragen, bei der Verwendung des zweiten Ausführungsbeispiels nach Fig. 6 länger sein wird, als bei der Verwendung des ersten Ausführungsbeispiels nach Fig. 3 (wobei angenommen wird, was üblicherweise der Fall ist, daß bei der Übertragung eine Datenkompression erfolgt, so daß die verhältnismäßig wenigen Abtastungen eines jeden niedrigerfrequenten Underspektrums mit derselben Übertragungsgeschwindigkeit übertragen werden, wie die Abtastungen eines jeden höherfrequenten Underspektrums).

Andererseits beschränkt sich beim zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 die Hardware zur Zusammensetzung des Spektrums ausschließlich auf den Sender (100). Daher wird in dem angenommenen Fall, bei dem ein zentraler Sender (100) mit einer großen Anzahl von entfernten dialogfähigen Datenendstationen zusammenarbeitet, von denen jede einen Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) enthält, ein Kostenvorteil entstehen, dadurch, daß nicht die Notwendigkeit für Hardware zur Zusammensetzung des Spektrums in jedem entfernten Datenendanschluß besteht, wie es beim ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 der Fall ist.

Weiter wird in jenen Fällen, in denen Bildinformation in analoger Form über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) übertragen wird, es wünschenswert sein, daß die gesamte verfügbare Bandbreite des

schmalbandigen Kommunikationskanals zu allen Zeiten so effizient wie möglich für die Übertragung von Bildinformation vom Sender (100) zum Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) genutzt wird. Weil das zu-nächst übertragene niedrigste Underspektrum ein niedrigauflösendes Bild definiert, das aus der geringsten Anzahl von Pixeln zusammengesetzt ist, ist es wünschenswert, das niedrigste Ortsfrequenzunderspektrum des analysierten Bildes zur Übertragung in analoger Form über den schmalbandigen Kommunikationskanal (104) zeitlich zu komprimieren, so daß es in der kürzesten Zeit übertragen werden kann, wobei diese kürzeste Zeit im wesentlichen die gesamte verfügbare Bandbreite des schmalbandigen Kommunikationskanals (104) ausnützt. Diese zeitliche Kompression erhöht jedoch die Wahrscheinlichkeit von Fehlern infolge Rauschens etc. Derartige Fehler können bei der Wiedergabe eines niedrigauflösenden Bildes leicht toleriert werden, sie sind aber wahrscheinlich für einen Betrachter eines mit hoher Auflösung wiedergegebenen Bildes auf dem Empfänger mit Wiedergabeeinrichtung (102) erkennbar.

Die Übertragung eines zusammengesetzten Spektrums, das ein Höherauflösen des Bildes, welches aus mindestens 4mal so vielen Pixeln besteht, repräsentiert, benötigt eine verhältnismäßig längere Zeit zur Übertragung über einen schmalbandigen Kommunikationskanal (104) als für ein niedrigauflösendes Bild. Daher wird jeder Übertragungsfehler im niedrigeren Ortsfrequenzbereich des Bildes mit höherer Auflösung einen sehr viel geringeren Effekt haben. Aus diesem Grund wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 das gespeicherte niedrigste Underspektrum durch das laufende zusammengesetzte Spektrum ersetzt, sobald es empfangen ist. Daher können irgendwelche Fehler bei dem gespeicherten niedrigsten Underspektrum nicht zu bemerkbaren Effekten in einem mit höherer Auflösung wiedergegebenen Bild beitragen (wie es bei der Anwendung des ersten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 der Fall wäre).

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Übertragen eines gegebenen Bildes relativ hoher Auflösung von einem Sender über einen schmalbandigen Kommunikationskanal zu einem Empfänger zur Wiedergabe des Bildes am Empfänger, wobei das gegebene Bild in vorgegebene Komponenten zerlegt wird, die vorgegebenen Komponenten zeitlich sequentiell zu dem Empfänger übertragen werden und entsprechend den empfangenen Komponenten in dem Empfänger sequentiell eine Anzeige des gegebenen Bildes erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß jene Bildelemente, die eine der Mitte des gegebenen Bildes räumlich nähern Bildinformation definieren, vor den Bildelementen übertragen werden, die eine der Mitte des Bildes räumlich entferntere Bildinformation definieren.

2. Verfahren zum Übertragen eines gegebenen Bildes relativ hoher Auflösung von einem Sender über einen schmalbandigen Kommunikationskanal zu einem Empfänger zur Wiedergabe des Bildes am Empfänger, wobei das gegebene Bild nach seiner Abtastung in seine Ortsfrequenzspektren zerlegt, die Ortsfrequenzspektren zeitlich nacheinander zum Empfänger übertragen und im Empfänger eine Wiedergabe des gegebenen Bildes entsprechend

den empfangenen Ortsfrequenzspektren nacheinander erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß das Ortsfrequenzspektrum des gegebenen Bildes in Ortsfrequenzbänder mit mindestens einem ersten Band und einem zweiten Band zerlegt wird, wobei das erste Band eine niedrigere obere Abschneidefrequenz aufweist als jedes andere der Bänder, wobei mit dem ersten Band eine Anzahl von Bildelementen übertragen wird, die kleiner ist als die Anzahl der mit dem zweiten Band übertragenen Bildelemente; 5
- b) das zunächst nur das erste Band während eines ersten Zeitintervalls, dessen Länge kurz ist verglichen mit der minimalen Länge eines zum Übertragen des gesamten Bildes notwendigen Zeitintervalls, übertragen wird; 15
- c) daß im Empfänger von dem übertragenen ersten Band eine Wiedergabe des gegebenen Bildes relativ niedriger Auflösung abgeleitet wird; 20
- d) daß auf das Ende des ersten Zeitintervalls folgend das zweite Band während eines zweiten Zeitintervalls übertragen wird; und 25
- e) daß am Empfänger eine Wiedergabe des gegebenen Bildes mit höherer Auflösung unter Verwendung des zweiten Bandes abgeleitet wird;
- f) daß jene Pixel, die eine der Mitte des Bildes räumlich nähere Bildinformation definieren, vor den Pixeln, die eine der Mitte des Bildes räumlich entferntere Bildinformation definieren, übertragen werden; und 30
- g) daß der Bildaufbau am Empfänger in der Reihenfolge der Übertragung der Pixel erfolgt. 35

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Verfahrensschritt des Zerlegens des gegebenen Bildes eines Verarbeitung des gegebenen Bildes nach einem Pyramiden-Algorithmus zum Erzeugen des Ortsfrequenzbänder vorgenommen wird. 40

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verfahrensschritte d) und e) für alle weiteren Bänder wiederholt werden. 45

5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die übertragenen Bänder im Empfänger gespeichert und zur Erzeugung einer Wiedergabe nächsthöherer Auflösung miteinander kombiniert werden. 50

6. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bänder im Sender gespeichert und zur Erzeugung einer Wiedergabe nächsthöherer Auflösung miteinander kombiniert werden, und daß die kombinierten Bänder zum Empfänger übertragen werden. 55

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

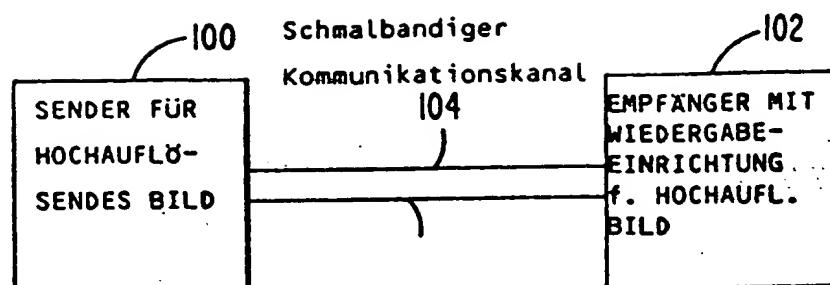


Fig. 1

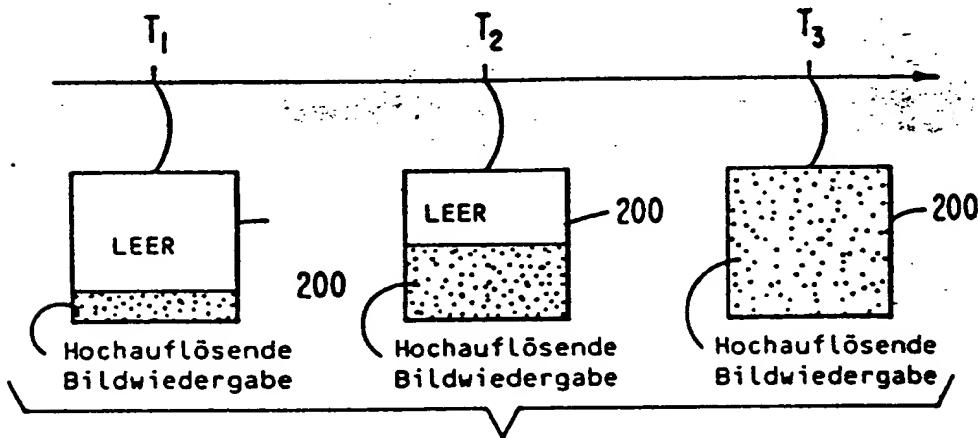


Fig. 2

Fig. 3

- a) Zerlege Hochauflösendes-Bild-Spektrum
- b) Speichere zerlegte Unterspektren
- c) Übertrage gesamtes niedrigstes Unterspektrum
- d) Empfange und speichere niedrigstes Unterspektrum und leite davon niedrigauflösende Wiedergabe des gesamten Bildes ab
- e) Übertrage gesamtes nächst-niedrigstes Unterspektrum
- f) Empfange nächst-niedrigstes Unterspektrum und kombiniere mit vorgehendem gespeicherten Unterspektrum (oder zusammengezetztem Spektrum) zur Erzeugung eines zusammengesetzten Spektrums
- g) Speichere zusammengesetztes Spektrum und leite davon höherauflösende Wiedergabe des gesamten Bildes ab
- h) Wiederhole Schritte e), f) und g) der Reihe nach für jedes unmittelbar nachfolgende Unterspektrum bis das gesamte hochauflösende Bild wiedergegeben wird.

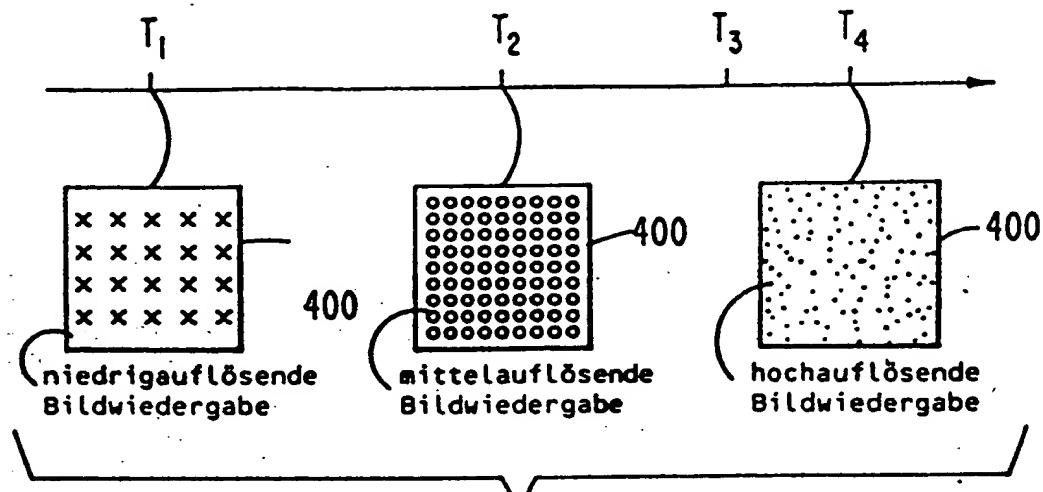


Fig. 4

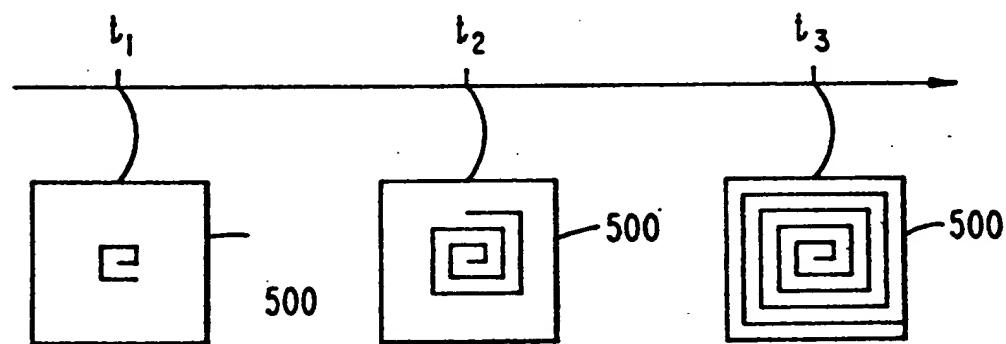


Fig. 5

## FIGUR 6

- a) Zerlege Hochauflösendes-Bild-Spektrum
- b) Speichere zerlegte Unterspektren
- c) Übertrage gesamtes niedrigstes Unterspektrum
- d) Empfange und speichere niedrigstes Unterspektrum und leite davon niedrigauflösende Wiedergabe des gesamten Bildes ab
- e) Kombiniere am Sender das nächstniedrigste Unterspektrum mit niedrigstem Unterspektrum (oder vorhergehendem zusammengesetztem Spektrum) zur Erzeugung eines laufenden zusammengesetzten Spektrums
- f) Übertrage gesamtes laufendes zusammengesetztes Spektrum zum Empfänger
- g) Ersetze am Empfänger gespeichertes niedrigstes Unterspektrum (oder vorhergehendes gespeichertes zusammengesetztes Spektrum) durch laufendes zusammengesetztes Spektrum, so wie es empfangen wird, und leite dann davon Wiedergabe eines höherauflösenden gesamten Bildes ab
- h) Wiederhole Schritte e), f) und g) der Reihe nach für jedes unmittelbar nachfolgende Unterspektrum bis das gesamte hochauflösende Bild wiedergegeben wird.